

А. Н. МЯЛИК

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
Республика Беларусь  
[aleksandr-myalik@yandex.ru](mailto:aleksandr-myalik@yandex.ru)

## **ФОНОВЫЕ УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛУГОВО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ**

*В статье представлена оценка уровней содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, никеля, меди, цинка, марганца и железа) в почвах и растительности лугово-болотных экосистем юго-запада Беларуси. С учетом отбора почвенных и растительных образцов в пределах территорий, слабо затронутых техногенным воздействием, установленные уровни можно рассматривать как фоновые.*

*Ключевые слова: юго-запад Беларуси, тяжелые металлы, почвы, луговые растения.*

На современном этапе техногенеза происходит дальнейший рост уровня загрязнения природной среды – атмосферного воздуха, поверхностных и грунтовых вод, а также почв и растительности. Из большого числа химических веществ, антропогенного происхождения, особое место занимают тяжелые металлы, обладающие высокой токсичностью и способностью аккумулироваться в живых организмах. Наиболее опасными из них являются соли кадмия, свинца, цинка, никеля, меди, кобальта, обладающие канцерогенными свойствами. Миграция и перераспределение этих поллютантов в компонентах экосистем зависит не только от интенсивности и характера техногенеза, но и от целого комплекса природных факторов [1, 2].

В пределах юга Беларуси наиболее специфичными являются лугово-болотные экосистемы, имеющие характерные природные ландшафтно-геохимические особенности, а также ряд современных экологических проблем: последствия осушительной мелиорации и интенсивной сельскохозяйственной эксплуатации, а также деградации вследствие прекращения традиционного хозяйственного использования. Сочетание данных природных и антропогенных факторов сказывается и на современном техногенном загрязнении компонентов лугово-болотных экосистем, в том числе и в отношении тяжелых металлов. Однако для корректного анализа экологической ситуации определенного региона (особенно конкретных типов экосистем) необходимо создание эталонов биоты в различных геохимических условиях на территориях незатронутых техногенным воздействием и удаленных от возможных источников загрязнения.

В соответствии с вышесказанным определяется актуальность и цель данной работы – определить фоновые уровни содержания тяжелых металлов в почвах и растительности лугово-болотных экосистем юго-запада Беларуси.

Для достижения поставленной цели в 2016–2018 гг. был выполнен отбор почвенных и растительных образцов в пределах лугово-болотных угодий юго-запада Беларуси, находящихся в состоянии, близком к естественному. В пределах обследованных фитоценозов отбирался усредненный почвенный образец, а также проба надземной фитомассы характерных представителей лугово-болотной флоры. Экспериментальные исследования образцов выполнялись в лабораториях Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси по стандартным методикам. Экстракция подвижных форм тяжелых металлов из почв проводилась с помощью 1 М HCl. Содержание элементов в фильтратах почв и в зольных растворах растений определено методом атомно-

абсорбционной спектрометрии на спектрометре с пламенным атомизатором SOLAAR M6 MkII [3].

Для характеристики процессов накопления тяжелых металлов растениями использовали значение коэффициента накопления элементов ( $K_n$ ), представляющего отношение средней концентрации элемента в тканях растений к его содержанию в соответствующей почве:  $K_n = C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв.}}$ . По величине их аккумуляции растения условно подразделяли на макро- ( $K_n > 2$ ), микро- ( $K_n = 1-2$ ) и деконцентраторы (с  $K_n < 1$ ) [4].

В процессе выполнения работы были обследованы естественные лугово-болотные угодья, типичные для юго-запада Беларуси: переходные болота, заболоченные лесные луговины, опушки и поляны, внепойменные луга, а также пойменные луга в долинах средних рек. Ниже (таблица 1) представлены уровни содержания в почвах подвижных форм тяжелых металлов, наиболее доступных для растений.

**Таблица 1 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах лугово-болотных фитоценозов юго-запада Беларуси, мг/кг сухой массы**

Показатель	Тяжелые металлы и микроэлементы, мг/кг						
	Pb	Cd	Ni	Cu	Zn	Mn	Fe
Предельно допустимые концентрации [5]	10	0,2	4,0	5	10	600	-
Среднее значение для юго-запада Беларуси [6]	7,92	0,07	0,38	0,94	5,09	47,61	1084,12
Лугово-болотные угодья	5,03	0,14	0,51	2,02	5,59	63,65	1953,83
Лесные опушки и поляны	5,07	0,04	0,24	0,64	3,34	39,56	563,2

Представленные данные показывают, что почвы лугово-болотных экосистем, а также лесных опушек и полей находятся в благоприятном агроэкологическом состоянии относительно нормативных показателей, установленных для свинца [5]. При этом более низкие уровни содержания подвижных форм этого элемента (2,5–3,5 мг/кг) отмечены в почвах лугов, которые интенсивно используются в качестве сенокосов. В почвах естественных лугово-болотных угодий заповедных территорий (например, ландшафтного заказника «Выгонощанское»), содержание свинца значительно выше (до 4–7 мг/кг), что объясняется отсутствием регулярного выноса данного элемента вместе с заготавливаемой здесь растительной фитомассой (сеном).

В отношении кадмия почвы лугово-болотных угодий характеризуются повышенным содержанием элемента (до 0,14 мг/кг) в сравнении с региональным фоном, что объясняется более тяжелым механическим составом данных почв. Наиболее высокие уровни содержания кадмия характерны для почв заповедных территорий, луга которых не выкашиваются, что способствует аккумуляции данного тяжелого металла.

В почвах лугово-болотных угодий отмечены также более высокие уровни содержания никеля (до 0,5–0,6 мг/кг) в сравнении с региональным фоном, что характерно для глинистых и суглинистых почв богатых органикой, а также для торфянистых почв. По этой же причине рассматриваемые почвы отличаются повышенным содержанием цинка, меди и марганца относительно значений регионального фона. Высокие уровни содержания подвижных форм железа (1953 мг/кг) объясняются обводненностью лугово-болотных угодий, а также местными геохимическими условиями. Важно отметить, что выявленные закономерности распределения в почвах тяжелых металлов согласуются с литературными данными [7].

Таким образом, почвы естественных лугово-болотных экосистем юго-западной части Беларуси находятся в благополучном экологическом состоянии, подтверждением чего является достаточно низкие уровни содержания в них тяжелых металлов в сравнении с региональным фоном и значениями предельно допустимых концентраций. Выявленные показатели могут быть использованы для оценки степени техногенного воздействия на

соответствующие почвы антропогенно-преобразованных территорий.

Для оценки фоновых уровней содержания тяжелых металлов в растительности лугово-болотных фитоценозов были выбраны типичные для флоры юго-запада Беларуси виды: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) и земляника лесная (*Fragaria vesca* L.). В таблице 2 представлены уровни содержания микроэлементов в надземной фитомассе данных растений, а также коэффициенты накопления ими тяжелых металлов.

**Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе лугово-болотных растений, мг/кг сухой массы**

Элемент	Показатель	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Potentilla erecta</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Fragaria vesca</i>
Pb	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	0,02/9,70	0,07/7,69	0,20/6,43	0,00/7,83	0,52/7,53	0,20/11,09
	$K_n$	0,00	0,01	0,03	0,00	0,07	0,02
Cd	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	0,20/0,08	0,32/0,05	0,18/0,07	0,14/0,26	0,08/0,08	0,13/0,01
	$K_n$	2,5	6,40	2,57	0,54	1,00	13,0
Ni	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	0,68/2,51	0,79/1,07	1,16/0,32	0,62/1,12	0,59/0,91	0,30/0,27
	$K_n$	0,27	0,74	3,62	0,55	0,65	1,11
Cu	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	8,03/10,09	8,10/12,9	5,76/0,87	9,40/4,72	7,27/8,53	4,94/0,71
	$K_n$	0,80	0,63	6,63	1,99	0,85	6,96
Zn	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	38,68/14,91	56,2/16,0	52,36/3,51	58,22/13,57	81,85/46,31	25,02/3,56
	$K_n$	2,59	3,50	14,92	4,23	1,77	7,03
Mn	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	79/164	120/67	229/48	141/103	84/139	363/38
	$K_n$	0,48	1,80	4,76	1,37	0,60	9,51
Fe	$C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв}}$	142/4683	66/1639	74/1231	79/3042	182/16730	127/603
	$K_n$	0,03	0,04	0,06	0,03	0,11	0,21

Представленные данные позволяют оценить микроэлементный состав широко распространенных видов растений лугово-болотных экосистем в условиях юго-запада Беларуси. Для различных растений характерны отличительные уровни содержания отдельных тяжелых металлов, что обусловлено геохимическими условиями мест произрастания самих растений, их эколого-биологическими особенностями, а также степенью подвижности элементов в системе «почва-растение». Вполне объяснимо, что наиболее низкие уровни содержания характерны для свинца (до 0,52 мг/кг у *Origanum vulgare*) и кадмия (до 0,32 мг/кг у *Hypericum perforatum*) – тяжелых металлов отличающихся высокой токсичностью и техногенным генезисом. Никель накапливается в более высоких пределах (1,16 мг/кг у *Potentilla erecta*), поскольку необходим для роста и развития растений. Элементы биофильной группы содержатся в значительно более высоких количествах и убывают в направлении железо→марганец→цинк→медь. Тем самым, биогеохимический ряд содержания элементов в надземной фитомассе луговых растений свидетельствует о благоприятной экологической обстановке в данной регионе, поскольку содержание тяжелых металлов убывает в направлении более токсичных (от марганца и железа к кадмию и свинцу).

Более объективным показателем, необходимым для выявления особенностей микроэлементного состава растений является коэффициент накопления ( $K_n$ ), показывающий способность растений усваивать элементы из почвы. Наиболее низким он является для свинца (не более 0,07) и железа (до 0,11) у *Origanum vulgare*, что в целом указывает на неспособность растений накапливать свинец даже при высоких уровнях

его содержания в почвах. В отношении никеля большинство видов также являются растениями-деконцентратарами, только у *Potentilla erecta* и *Fragaria vesca* значение  $K_n$  выше 1. В широких пределах изменяются значения  $K_n$  для марганца (от 0,48 у *Achillea millefolium* до 9,51 у *Fragaria vesca*), так как этот тяжелый металл отличается сложным поведением в системе «почва-растение» даже в пределах проб одного вида из разных почвенно-геохимических условий произрастания.

В отношении элементов биофильной группы (меди и цинка) почти все рассматриваемые растения являются накопителями, чем объясняется важная роль данных металлов в онтогенезе растений. Характерной особенностью кадмия является способность почти всех растений накапливать данный металл в высоких количествах даже при его незначительном содержании в почвах (у *Fragaria vesca*  $K_n$  равен 13,0 при содержании кадмия в почве на пределе обнаружения). Тем самым в естественных условиях юго-запада Беларуси именно с кадмием, как наиболее токсичным тяжелым металлом, связаны основные экологические риски.

Таким образом, содержание тяжелых металлов в почвах и растительности естественных лугово-болотных экосистем юго-запада Беларуси свидетельствует о их благоприятном экологическом состоянии. Выявленный микроэлементный состав почв и растительности может быть использован как фоновый показатель для сравнительных оценок и экологического мониторинга в будущем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (грант НАУКА М Х16М-057). Автор выражает благодарность Дашкевичу М.М. за выполнение аналитических исследований.

#### Список использованной литературы

- 1 Перельман, А. И. Геохимия ландшафтов / А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1975. – 342 с.
- 2 Прохорова, Н. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Вестник СамГУ. – 1996. – № 3. – С. 125 – 148.
- 3 Кузнецов А. В. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А. В. Кузнецов. – М. : ЦИНАО, 1992. – 53 с.
- 4 Ялынская, Н. С. Накопление микроэлементов и тяжелых металлов в растениях рыбоводных прудов / Н. С. Ялынская, А. Г. Лопотун // Гидробиологический журнал. – 1993. – № 29(5). – С. 40–46.
- 5 Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск : Беларус. навука, 2007. – 390 с.
- 6 Мялик, А. Н. Субрегиональный природный фон содержания тяжелых металлов и микроэлементов в дерново-подзолистых почвах северо-западной части Припятского Полесья / А. Н. Мялик, М. М. Дашкевич // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Естественные науки. – 2017. – № 6 (105). – С.37–43.
- 7 Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 440 с.